

**RANCANGAN *PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS GENERATOR*
(PMSG) 12 *SLOT* 8 *POLE* DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE*
*MAGNET INFOLYTICA 7.5***



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

MOHAMAD NUR KHOLIS

D400160015

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2020**

HALAMAN PERSETUJUAN

**RANCANGAN *PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS GENERATOR*
(PMSG) 12 *SLOT* 8 *POLE* DENGAN MENGGUNAKAN *SOFTWARE*
*MAGNET INFOLYTICA 7.5***

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

MOHAMAD NUR KHOLIS

D400160015

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Aris Budiman, S.T.,M.T

NIK. 885

HALAMAN PENGESAHAN

**RANCANGAN *PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS GENERATOR*
(PMSG) 12 SLOT 8 POLE DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE
*MAGNET INFOLYTICA 7.5***

OLEH

MOHAMAD NUR KHOLIS

D400160015

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Kamis, 9 Juli 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:


1. Aris Budiman, ST.MT

(Ketua Dewan Penguji)


(.....)

2. Ir. Jatmiko, MT

(Anggota I Dewan Penguji)


(.....)

3. Tindyo Prasetyo, ST.MT

(Anggota II Dewan Penguji)


(.....)


Dekan,

Prof. Dr. Sutrisno, M.T, Ph.D
NIK. 628


PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 09 Juli 2020

Penulis



MOHAMMAD NUR KHOLIS

D400160015

RANCANGAN *PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS GENERATOR (PMSG)* 12 SLOT 8 POLE DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE *MAGNET INFOLYTICA 7.5*

Abstrak

Generator adalah suatu alat atau mesin yang mengonversi energi mekanik menjadi energi listrik, dengan proses induksi elektromagnetik. Perancangan generator menggunakan software sangat berguna karena mampu mensimulasikan diameter, material, ketebalan, jumlah lilitan dan kecepatan putar generator, sehingga saat melakukan pembuatan generator bisa mencapai tingkat keberhasilan yang tinggi. Generator sinkron magnet permanent / *Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG)* merupakan salah satu komponen utama Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTB) di PT. Lentera Bumi Nusantara. Pada topik ini akan dilakukan perancangan *Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG)* dengan menggunakan *software MagNet Infolytica 7.5*. Rancangan akan dibuat dengan menggunakan kombinasi pemodelan 12 slot 8 pole (12S8P) dan disimulasikan pada *software MagNet Infolytica 7.5*. Generator dapat digunakan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) karena dapat bekerja pada putaran rendah, dengan kecepatan angin yang fluktuatif generator tersebut dapat menghasilkan energi listrik skala mikro. Tujuan penelitian ini adalah menganalisa hasil pengujian rancangan generator sinkron magnet permanent dengan dilakukan pengujian secara simulasi tanpa beban, simulasi variasi beban dan variasi RPM. Berdasarkan hasil uji simulasi tanpa beban didapatkan nilai tegangan tertinggi sebesar 361,8 volt dengan kecepatan 2000 rpm, sedangkan uji simulasi berbeban dilakukan analisa dengan melihat grafik besaran tegangan, daya input dan daya keluaran. Didapatkan efisiensi terendah 83 % dan tertinggi 89 % pada generator.

Kata Kunci: PMSG, 12 slot 8 pole, PLTB, MagNet Infolytica

Abstract

Generator is a device or machine that convert mechanical energy into electrical energy, by electromagnetic induction process. The generator design using software is very useful because it is able to simulate the diameter, material, thickness, number of turns and speed of the generator, so the when making a generator it can achieve a high level of success. Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) is one of the main components of the Bayu power plant (PLTB) at PT. Lentera Bumi Nusantara. On this topic the design of Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) will be carried out using MagNet Infolytica 7.5 software. The design will be made using a combination of modeling 12 slots 8 pole (12S8P) and simulated on MagNet Infolytica 7.5 software. The generator can be used for bayu power plants (PLTB) because it can work at low rotations, with fluctuating wind speeds, the generator can produce micro scale electrical energy. The purpose of this study is to analyze the results of testing the design of Permanent Magnet synchronous generator by testing it with a no-load simulation, a simulation of load variations and RPM variations. Based on the result of the no-load simulation test, the highest voltage value is 361,8 volts with a speed of 2000 rpm, while the simulation test load is analyzed by looking at the graph of voltage magnitude, input power and output power so that the lowest efficiency is 83% and 89% at the generator.

Keywords: PMSG, 12 slot 8 pole, PLTB, MagNet Infolytica

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara maritim dengan luas perairan 3.110.000 km² (Kementrian Koodinator Kemaritiman, 2018). Indonesia merupakan salah satu negara dengan panjang garis pantai terpanjang di dunia yaitu sebesar 108.000 km. Kondisi Indonesia yang didominasi oleh perairan memiliki potensi energi alternatif yang tinggi. Salah satu potensi energi alternatif tersebut adalah energi angin.

Energi Angin ialah salah satu energi baru terbarukan yang potensinya sangat besar di Indonesia dan masih belum dapat dimaksimalkan. Meskipun kecepatan angin di Indonesia tidak secepat di negara sub-tropis akan tetapi potensi energi angin ini masih dapat dimanfaatkan. Salah satu pemanfaatannya yaitu dengan cara membangun Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB), dengan menggunakan generator skala mikro.

Proses konversi energi angin menjadi listrik memerlukan sebuah generator. Fungsi generator listrik adalah merubah energi mekanik menjadi energi listrik dengan menggunakan induksi elektromagnetik. Tipe generator yang cocok digunakan adalah tipe generator magnet permanen fluks tiga fasa, karena generator tersebut sangat efisien dan mampu bekerja dengan baik pada kecepatan putar yang rendah. pembuatan dan pengembangan generator magnet permanen memberikan kemudahan dalam mendisain generator dengan kapasitas daya, tegangan, dan kecepatan putar tertentu, dengan mengubah parameternya seperti kekuatan fluks magnet, jumlah lilitan kumparan dan belitannya, jumlah magnet serta ukuran diameter kawat.

Teknologi generator mengalami perkembangan dari tahun ke tahun dan terus meningkat mulai dari bentuk, desain, ukuran, material yang digunakan serta mengalami peningkatan efisiensi daya output dari generator tersebut. Perkembangan teknologi generator ini tidak lepas dengan adanya software untuk mendesain mesin-mesin listrik. Salah satu software yang digunakan untuk mensimulasikannya adalah *software MagNet Infolytica 7.5* yang berbasis *Finite Element Method* (FEM). FEM merupakan metode yang dapat digunakan untuk menghitung distribusi dari medan elektromagnetik secara kompleks dan sudah terbukti secara efektif. Metode ini dapat melakukan analisa distribusi fluks magnet yang berasal dari magnet permanen seperti menghitung beberapa parameter seperti torsi cogging, armature, dan nilai induktansi.

Penelitian M. Chorul Anam dkk merancang sebuah generator 100 watt menggunakan *software MagNet Infolytica 7.5*. pada penelitiannya menyatakan bahwa generator yang dirancang yaitu tipe radial fluks dengan memilih kombinasi 12 slot 8 pole, diameter 13 cm, ketebalan 5 cm, serta menggunakan 12 lilitan diputar dengan 100 rpm dan frekuensi 66,667 Hz. Hasil dari rancangan generator tanpa beban yaitu tegangan sebesar 21,65 volt, arus sebesar 0 ampere dan untuk rancangan

generator dengan beban didapatkan output tegangan sebesar 23,89 dan arusnya sebesar 5 ampere. (M. Chairul Anam, 2016).

Penelitian tugas akhir ini adalah Pengujian Rancangan *Permanent Magnet Synchronous Generator* (PMSG) 12 slot 8 pole menggunakan *software MagNet Infolytica 7.5* yang berbasis *Finite Element Method* (FEM), dengan uji coba simulasi tanpa beban dan berbeban menggunakan variasi rpm dan variasi beban. Sebelum generator dibuat dilakukan analisa dengan *software* terlebih dahulu. Tujuannya untuk mensimulasikan variasi model generator, jumlah lilitan, geometri bentuk umbrella, ketebalan, jenis bahan, kecepatan putar, hingga efisiensi dan daya keluaran yang diinginkan. Harapannya setelah dilakukan analisa dan simulasi menggunakan *software* pada parameter-parameter di atas, dapat menunjang perkembangan penelitian generator di Indonesia, khususnya dalam pemanfaatan energi terbarukan yaitu energi angin. Generator menghasilkan frekuensi listrik yang sinkron terhadap putaran mekanis generator tersebut. Hal ini dapat dilihat dari persamaan berikut ini.

$$= \frac{p}{2} \times \frac{n}{60} \quad (1)$$

Keterangan :

f = frekuensi (Hz)

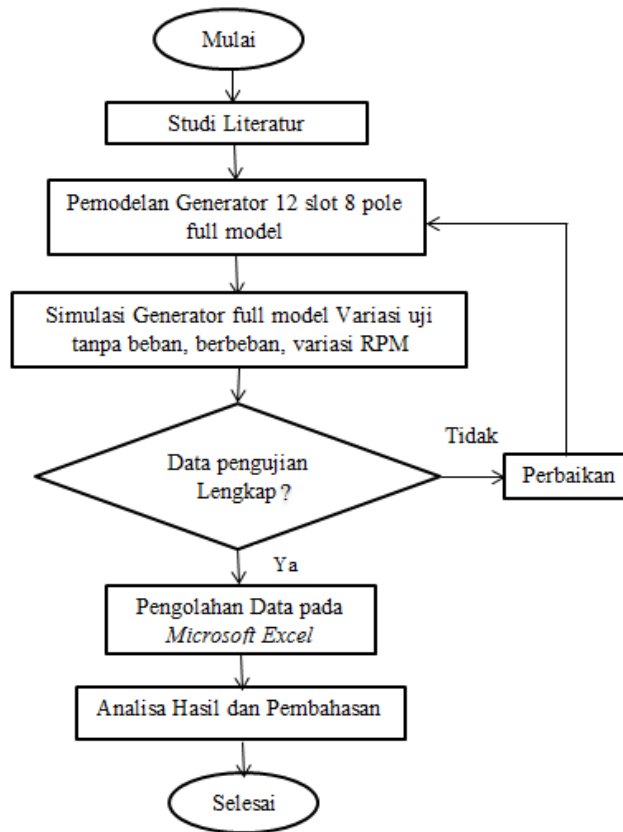
p = jumlah kutub rotor

n = kecepatan putar rotor (rpm)

2. METODE

2.1 Rancangan Penelitian

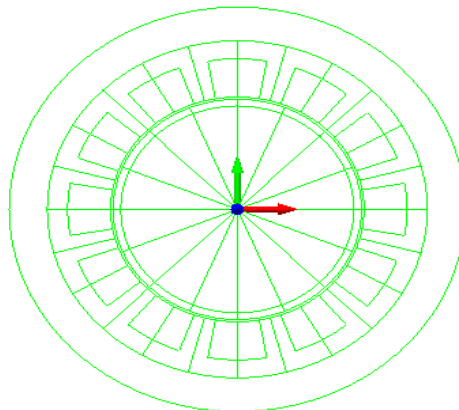
Ada beberapa tahapan yang digunakan penulis dalam penyusunan laporan tugas akhir. Tahap – tahap penelitian ini merupakan garis besar dari pelaksanaan sebuah penelitian yang tercantum pada flowchart sebagai berikut.



Gambar 1. Flowchart tahap-tahap penelitian

2.2 Rancangan Generator

Perancangan generator dilakukan dengan memperhitungkan segala sisi aspek mulai dari rotor, stator, magnet dan lain-lain. Dalam perancangan model generator nantinya akan dibuat simulasi pada *software MagNet Infolytica 7.5* berbasis *Finite Element Method (FEM)*, berikut gambar perancangan model PMSG 12 slot 8 pole dan komponen utamanya.



Gambar 2. Rancangan model generator dalam garis .

Gambar 2 merupakan rancangan model garis generator magnet permanent 12 slot 8 pole yang disimulasikan dengan *software*. Parameter tetap untuk perancangan generator magnet permanen 12 slot 8 pole dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Parameter awal generator magnet permanen

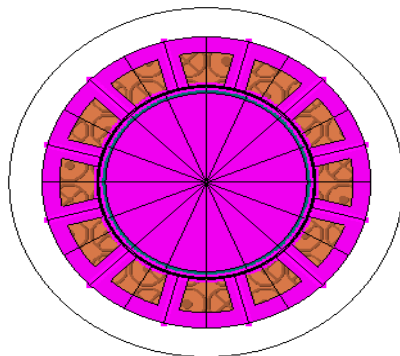
PARAMETER AWAL GENERATOR MAGNET PERMANEN			
VARIABEL	SIMBOL	NILAI	UNITS
Diameter Luar Stator	Db	150	mm
Diameter Dalam Stator	Dc	100	mm
Diameter Lubang Slot	De	134	mm
Diameter Rotor	Dr	92	mm
Diameter Luar Magnet	Di	98	mm
Diameter Dalam Magnet	Da	92	mm
Tebal Magnet	Lm	3	mm
Lebar Cella Udara	lg	2	mm

Adapun jenis bahan yang digunakan dalam rancangan generator magnet permanen 12 slot 8 pole dapat dilihat dalam tabel berikut.

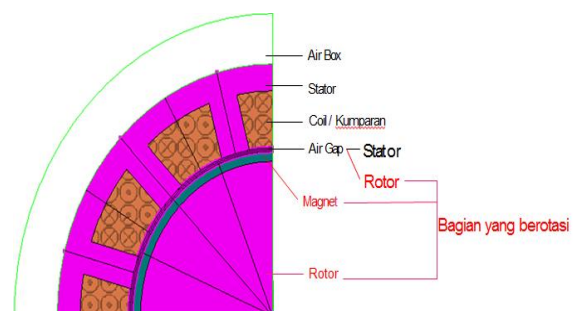
Tabel 2. Material komponen generator

No	Komponen	Material
1	Stator	<i>Carpenter: Silicon Steel</i>
2	Rotor	<i>Carpenter: Silicon Steel</i>
3	Coil	<i>Copper: 577e7 Siemens/meter</i>
4	Magnet	<i>NdFeB</i>
5	Airbox	<i>AIR</i>

Salah satu contoh hasil perancangan generator magnet permanen 12 slot 8 pole dengan menggunakan data-data tabel 1 dan 2 dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. Full model generator magnet permanen.



Gambar 4. Komponen utama generator.

Gambar 3 merupakan hasil perancangan generator full model magnet permanen 12 slot 8 pole dari data-data tersebut. Perancangan generator dapat dilakukan secara full model atau hanya ¼ bagian saja, karena model selalu berulang setiap 90° sehingga dapat disimulasikan dengan ¼ bagian ataupun full model. Kemudian pada gambar 4 merupakan komponen utama generator yang terdiri dari Air Box, Stator, Coil/ Kumparan, Air Gap, Magnet dan Rotor. Pada rancangan generator ini juga dilakukan penelitian uji simulasi tanpa beban dan berbeban dengan variasi rpm dan variasi beban. Dalam simulasi ini generator akan diputar dengan kecepatan minimum 500 RPM dan maksimum 2000 RPM, kecepatan tersebut merupakan kecepatan sinkron pada generator. Berikut tabel mengenai uji simulasi generator yang akan dibuat.

Tabel 3. Variabel Uji coba simulasi generator

SIMULASI	RPM	Beban (Ω)
Tanpa beban	500	0
	1000	0
	1500	0
	2000	0
Berbeban	500	10
	1000	15
	1500	20
	2000	25

2.3 Persamaan Daya Keluaran dan Torsi Generator

a) Torsi Generator

$$\omega = \frac{n \cdot 2 \cdot \pi}{60} \quad (2)$$

$$K = \frac{v}{\omega} \quad (3)$$

$$\text{Dimana } K_t = K_e \quad T = K_t \cdot I \quad (4)$$

Keterangan :

ω : Kecepatan sudut (rad/s)

n : Kecepatan (rpm)

K_e : Konstanta EMF

K_t : Konstanta Torsi

T : Torsi

I : Arus (ampere)

b) Daya Generator

$$P_{in} = \tau \cdot n \frac{2\pi}{60} \quad (5)$$

Keterangan :

Pin : Daya Masukan (w)

τ : Torsi (Nm)

n : Kecepatan (rpm)

$$P_{out} = I \times V \quad (6)$$

Keterangan :

Pout : Daya Keluaran (w)

I : Arus (ampere)

V : Tegangan (volt)

c) Efisiensi

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (7)$$

Keterangan :

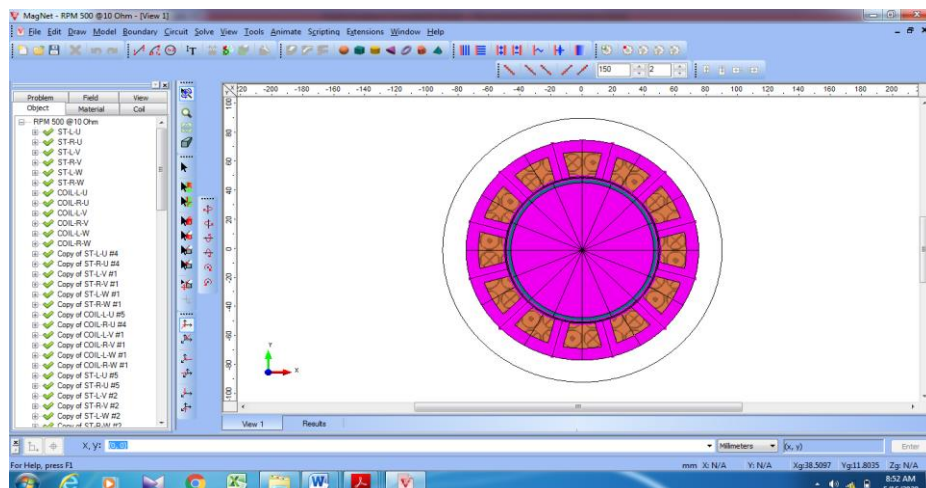
η : Efisiensi (%)

Pout : Daya Keluaran (w)

Pin : Daya Masukan (w)

2.4 Software MagNet Infolytical

Software MagNet Infolytica menyediakan laboratorium virtual yang bisa digunakan untuk membuat perancangan model generator serta dapat memilih sendiri bahan material yang digunakan sebagai bahan inti besi, magnetik maupun bahan lilitan. berikut adalah tampilan full model *Permanent Magnet Synchronous Generator 12 slot 8 pole* pada *software MagNet Infolytica 7.5*.



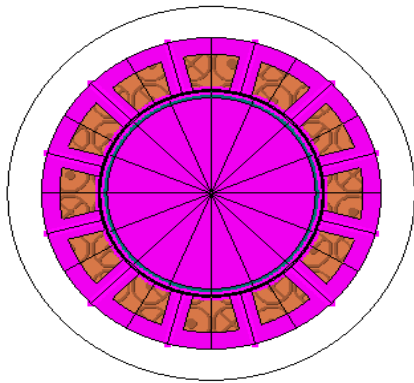
Gambar 5. Tampilan utama generator Full model pada software MagNet Infolytica 7.5

Gambar 5 merupakan tampilan utama *software MagNet Infolytica*. *MagNet Infolytica* dirancang sebagai perangkat lunak pemodelan dua dimensi dan tiga dimensi beserta pemecahan masalah elektromagnetik. Alat-alat yang bisa disimulasikan *software MagNet Infolytica* dapat berupa motor atau generator, solenoid, dan transformator atau beberapa peralatan yang menggunakan kumparan atau magnet permanen.

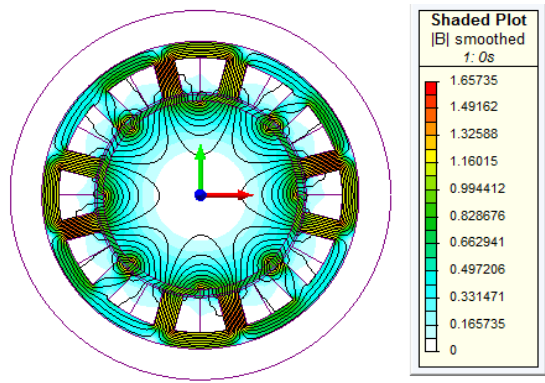
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Rerancangan Permanent Magnet Synchronous Generator 12 Slot 8 Pole

Rerancangan generator yang dirancang yaitu model generator 12 slot 8 pole 3 fasa dengan menggunakan magnet permanen. Rerancangan generator magnet permanen ini digunakan untuk memperoleh data keluaran dan efisiensi generator pada kecepatan 500, 1000, 1500, dan 2000 RPM.



Gambar 6. Full model generator magnet Permanent 12 slot 8 pole.

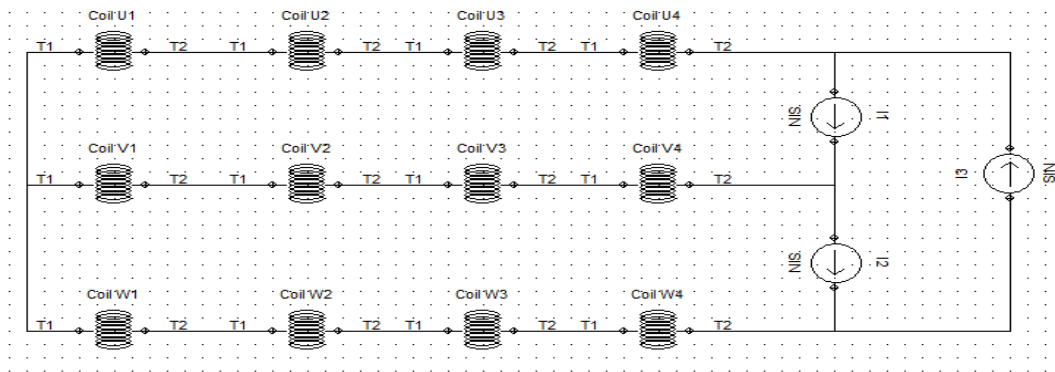


Gambar 7. Aliran fluks pada generator.

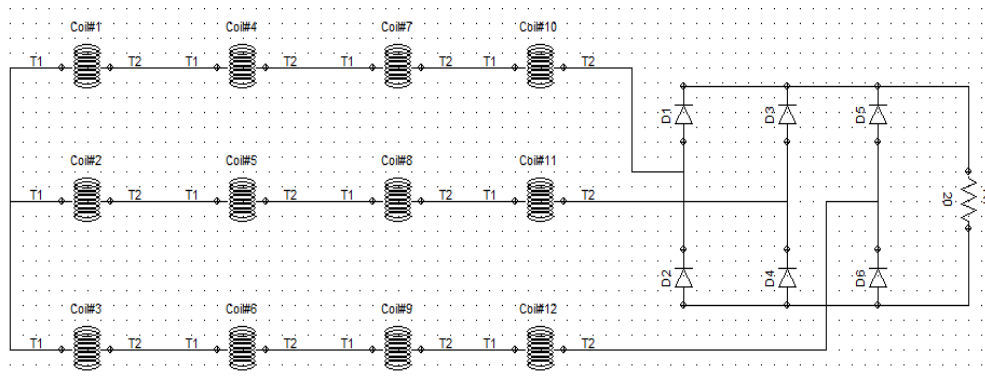
Gambar 6 merupakan hasil perancangan full model generator magnet permanen 12 slot 8 pole, sedangkan gambar 7 merupakan gambaran aliran fluks yang menunjukkan bahwa semakin berwarna merah maka kerapatan fluksnya semakin tinggi.

3.2 Pembuatan Rangkaian

Berdasarkan simulasi generator magnet permanen 12 slot 8 pole ini memiliki tahapan pembuatan rangkaian, karena setiap simulasi atau pengujian generator yang menggunakan *software Magnet Infolytica* memiliki perbedaan rangkaian, baik untuk pengujian generator tanpa beban maupun generator berbeban. Berikut merupakan rangkaian tanpa beban serta rangkain yang memiliki beban pada *software Magnet Infolytica*.



Gambar 8. Rangkaian Tanpa beban.

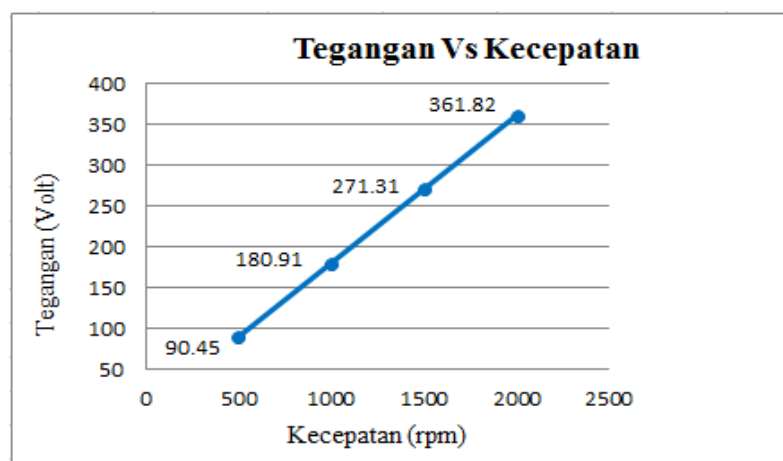


Gambar 9. Rangkaian pembebanan (pada beban 20 ohm)

3.3 Hasil simulasi generator

3.3.1 Hasil uji simulasi tanpa beban dengan variasi kecepatan putar (RPM)

Berikut adalah hasil uji simulasi tanpa beban dengan perubahan nilai kecepatan putar (RPM).



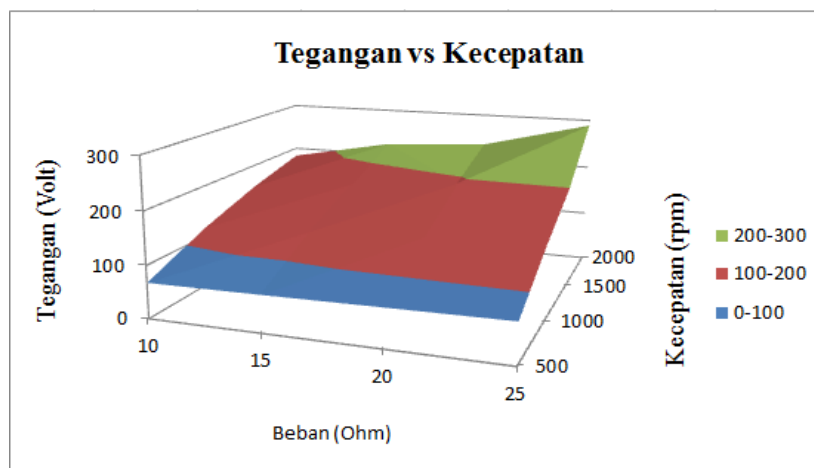
Gambar 10. Grafik tegangan hasil simulasi tanpa beban.

Gambar 10 menggambarkan hubungan antara tegangan output dengan kecepatan putar. Perubahan tegangan output terhadap kecepatan putar generator tanpa beban dapat dilihat tiap kenaikan kecepatan putar nilai tegangan output mengalami kenaikan. perbandingan masing-masing nilai tegangan menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan putar maka akan menaikkan besar tegangan output.

3.3.2 Hasil simulasi variasi beban R dan kecepatan putar (RPM)

Berikut adalah hasil dari uji simulasi dengan perubahan variasi parameter beban dan nilai kecepatan putar (RPM).

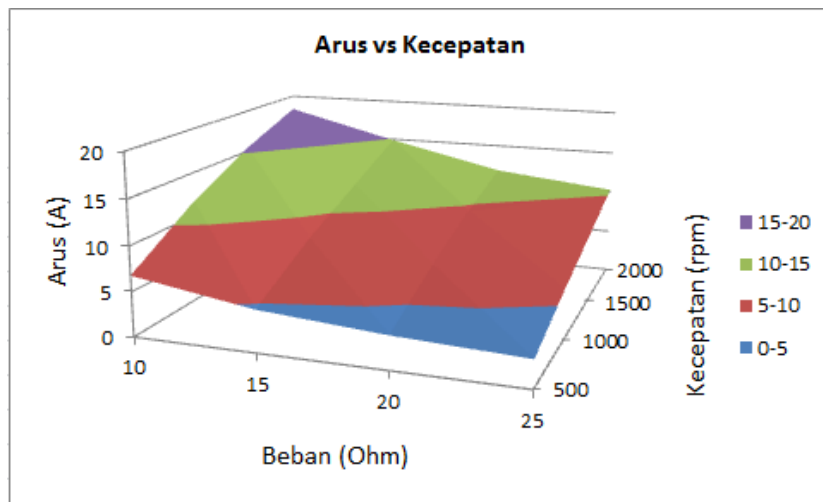
a) Tegangan



Gambar 11. Grafik hasil nilai tegangan dengan variasi beban dan kecepatan.

Gambar 11 di atas menggambarkan pengaruh perubahan kecepatan putar terhadap tegangan dengan berbagai variasi beban generator. Terlihat bahwa semakin tinggi kecepatan putar dan beban maka akan menaikkan besar tegangan output. Pada tiap kecepatan putar yang sama, terlihat nilai tegangan akan semakin tinggi pada beban yang lebih tinggi. Hal ini dikarenakan untuk mengejar kecepatan putar tertentu dengan cara menyesuaikan Pinput. Putaran yang cepat akan membutuhkan Pinput lebih besar, sehingga tegangan juga akan lebih besar.

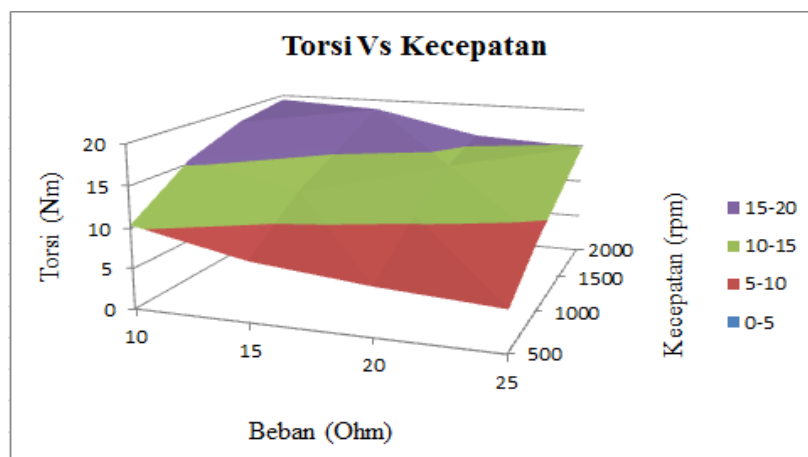
b) Arus



Gambar 12. Grafik hasil nilai arus dengan variasi beban dan kecepatan.

Gambar 12 di atas menggambarkan pengaruh perubahan kecepatan putar terhadap nilai arus dengan berbagai variasi beban generator. Terlihat bahwa semakin tinggi kecepatan putar dan beban maka akan menurunkan nilai arus. Pada tiap kecepatan putar yang sama, dapat dilihat nilai arus akan semakin kecil pada beban yang lebih tinggi. Sebaliknya tiap kecepatan putar yang sama dengan beban yang lebih kecil maka nilai arus akan semakin tinggi.

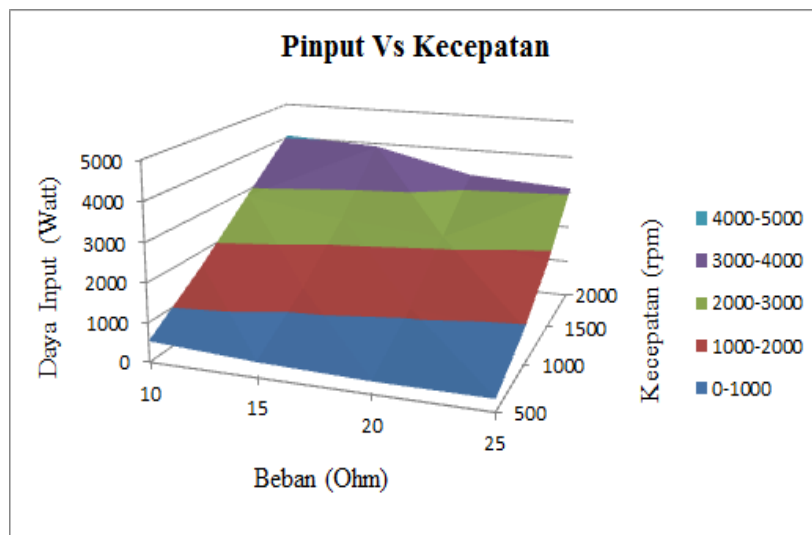
c) Torsi



Gambar 13. Grafik hasil nilai Torsi dengan variasi beban dan kecepatan.

Gambar 13 di atas menggambarkan pengaruh perubahan kecepatan putar terhadap nilai torsi dengan beban. Semakin tinggi kecepatan putar dan beban maka nilai torsi akan semakin rendah. Terlihat tiap kecepatan putar yang sama, nilai torsi akan semakin kecil pada beban yang lebih tinggi. Sebaliknya tiap kecepatan putar yang sama dan semakin kecil beban maka nilai torsi akan semakin besar.

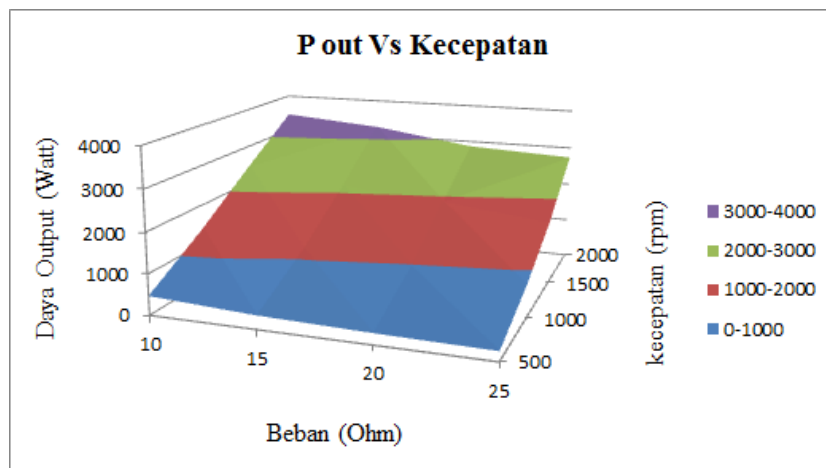
d) Daya Pinput



Gambar 14. Grafik hasil nilai daya Pinput dengan variasi beban dan kecepatan.

Gambar 14 di atas menggambarkan pengaruh perubahan kecepatan putar terhadap nilai daya input dengan beban. Semakin besar kecepatan putar dan semakin kecil beban maka daya input yang dibutuhkan semakin besar. Terlihat tiap kecepatan putar yang sama, dapat dilihat nilai daya input semakin besar pada beban yang lebih kecil. Sebaliknya tiap kecepatan putar yang sama dan semakin besar beban maka daya input yang dibutuhkan semakin rendah.

e) Daya Output

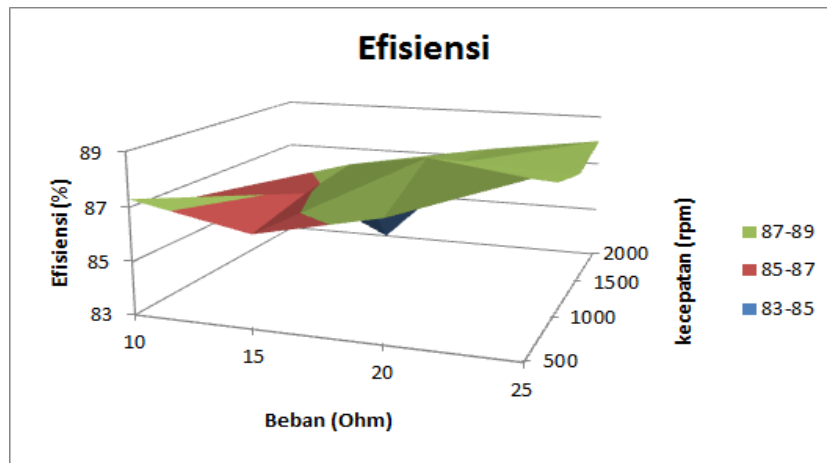


Gambar 15. Grafik hasil nilai Daya keluaran dengan variasi beban dan kecepatan.

Gambar 15 di atas menggambarkan pengaruh perubahan kecepatan putar terhadap nilai daya output dengan beban. Semakin besar kecepatan putar dan semakin kecil beban maka daya output yang dihasilkan semakin besar. Terlihat tiap kecepatan putar yang sama, nilai daya output semakin besar pada beban yang lebih kecil. Sebaliknya ketika kecepatan putar yang sama dan semakin besar

beban maka nilai daya output semakin rendah. Hasil dari nilai daya masukan dan daya keluaran digunakan untuk mendapatkan nilai efisiensi dari generator dengan cara membandingkan nilai tersebut.

f) Efisiensi



Gambar 16. Grafik hasil nilai Efisiensi dengan variasi beban dan kecepatan.

Gambar 16 di atas menggambarkan pengaruh perubahan kecepatan putar terhadap nilai efisiensi pada berbagai variasi beban. Ini diperoleh dari selisih daya input terhadap daya output. Nilai efisiensi tertinggi ada pada kecepatan putar 500 RPM dengan beban 25 Ohm dan dari grafik di tersebut menunjukkan bahwa besaran nilai efisiensi dari generator sebesar 89%.

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil analisa perancangan model *Permanent Magnet Synchronous Generator 12 slot 8 pole* dengan menggunakan *software MagNet infolyticl 7.5* yang berbasis *Finite Element Method* (FEM), penulis dapat menyimpulkan bahwa :

- Generator Permanen Magnet 12 slot 8 pole 3 fasa dirancang full model dan dilakukan uji simulasi dengan memvariasikan parameter beban dan kecepatan putar (RPM), guna untuk mengetahui keluaran generator tersebut.
- Kecepatan putar generator dan besar beban memengaruhi keluaran tegangan. Semakin besar kecepatan putar maka semakin besar pula nilai tegangan, sehingga berbanding lurus dengan nilai beban.
- Keluaran nilai tegangan tertinggi yaitu 289 V pada kecepatan putar 2000 RPM beban 25 Ohm.
- Uji simulai dengan nilai efisiensi tertinggi terjadi pada kecepatan putar 500 RPM dengan beban 25 Ohm dengan niali sebesar 89%.

PERSANTUNAN

Alhamdulillah senantiasa penulis menyampaikan terima kasih atas *support* dan dukungan dari pihak-pihak yang membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir. Penulis menyampaikan terima kasih kepada:

- 1) Syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW atas segala nikmat dan hidayah-NYA.
- 2) Bapak Sumito dan Ibu Sudarmini selaku orang tua penulis yang selalu memberi dukungan dalam mengerjakan tugas akhir dan tak henti-hentinya mendoakan kesuksesan penulis.
- 3) Bang Riky Elson dan segenap Tim LBN, karena dari sanalah ide membuat tugas akhir ini tercipta.
- 4) Bapak Aris Budiman, S.T,M.T selaku dosen pembimbing dalam tugas akhir ini.
- 5) Ilham Alrino, Malik Ibrahim, dan teman-teman kos ceria lainnya yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu yang telah memberikan motivasi dan bantuan.
- 6) Rekan-rekan Mahasiswa Angkatan 2016 yang telah memberikan dukungan dan bantuan.
- 7) Serta kepada semua teman-teman yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu.

DAFTAR PUSTAKA

- Ayu Martha Lestari. 2018. "Analisa Harmonisa Pada Generator 12 Slot 8 Pole Dengan Software MagNet". Universitas Jember.
- Chapman. J Stephen. 2012. "*Electric Machinery Fundamental*". McGraw-Hill, New York.
- Choirul Anam, M., Nurhadi, Irfan, M., 2016. "Perancangan Generator 100 Watt Menggunakan Software MagNet Elektomagnetik Infolytical". *Jurnal Kinetik*, Vol. 2, No.1, Februari 2017, Hal. 27-36. Universitas Muhammadiyah Malang.
- J.R. Handershot and THE Miller. 1994. "*Design of Bruchless Permanent-Magnet Motor*". Oxford : Magna Physic Publishing and Clarendo Press.
- Wawan Kurniawan, M., Reza Fauzi, Ahmad Qurthobi. (2017). "Studi Pengaruh Geometri Umbrella Terhadap Daya Keluaran Generator 12S8P Untuk Turbin Angin Menggunakan Software MagNet". *Jurnal e-Proceeding of Engineering* : Vol.6, No.2 Agustus 2019, page 5462. Universitas Telkom.
- Mario Sumantri, Satyo Nurhadi. 2017. "Analisa Pengaruh Vriasi Slot dan Pole Terhadap Tegangan Dan Efisiensi Daya Pada Perancangan Generator Magnet Permanen Menggunakan Software MagNet. Universitas Teknologi Yogyakarta.

- Piggot H. 2000. "Windopower Workshop". Peninsula, British Wind Energy Association.
- Tim Penulis LBN. 2014. "Pengenalan Teknologi Pemanfaatan Energi Angin", Lentera Bumi Nusantara. Tasikmalaya, Jawa Barat.
- Tim Penulis LBN. 2015. "Tutorial Perancangan Motor Dengan Software MagNet", Lentera Bumi Nusantara. Tasikmalaya, Jawa Barat.
- Yudi Prasetyo. 2019. "Analisa Perbandingan Bahan Material Magnet Dalam Pemodelan Permanent Magnet Synchronous Generator (PMSG) 12 Slot 8 Kutub Dengan Menggunakan Finite Element Method (FEM) Software". Universitas Muhammadiyah Surakarta